

PUB-NO: DE004340756A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 4340756 A1

TITLE: Laser range finder, e.g. for
driverless transport system
- measures distance using pulse
travel time and light
deflection angle to determine
position of object in
measuring region

PUBN-DATE: June 9, 1994

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
WETTEBORN, HAINER	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
SICK OPTIK ELEKTRONIK ERWIN	DE

APPL-NO: DE04340756

APPL-DATE: November 30, 1993

PRIORITY-DATA: DE04340756A (November 30, 1993)

INT-CL (IPC): G01S017/42, G01S017/88 , G01S007/48

EUR-CL (EPC): G01S017/42 ; G01S007/481

US-CL-CURRENT: 356/5.01

ABSTRACT:

The laser appts. includes a pulse laser (11) which transmits controlled light pulses (12) to a measuring region (13). A photoreceiver (22) intercepts

light reflected from an object (14) in the measuring region, and a processor circuit (23,30,34,36-40) delivers a distance signal according to the speed of light and the time between transmission and reception of the light pulses (12,12'). A light deflector (15), disposed between the pulsed laser and the measuring region, deflects successive light pulses into different angles in the measuring region. The deflector also sends corresp. angular position signals to the processor circuit. The processor uses the angle and distance signals to determine the object position within a 90 to 270 degree radius. USE/ADVANTAGE
- Laser radar detects distance from pulsed light and detects angle w.r.t. any basis direction in surveyed area.

Laser range finder, e.g. for drivable transport system - measuring distance using pulse travel time and light deflection angle to determine position of object in measuring region

Patent Number: DE4340756
Publication date: 1994-06-09
Inventor(s): WETTEBORN HAINER (DE)
Applicant(s): SICK OPTIK ELEKTRONIK ERWIN (DE)
Requested Patent: ☐ DE4340756
Application Number: DE19934340756 19931130
Priority Number(s): DE19934340756 19931130; DE19934345446 19931130; DE19934345448 19931130; DE19924241326 19921208
IPC Classification: G01S17/42 ; G01S17/88 ; G01S7/48
EC Classification: G01S7/481, G01S17/93, G01S17/42, G01S7/481B
Equivalents:

Abstract

The laser apparatus includes a pulse laser (11) which transmits controlled light pulses (12) to a measuring region (13). A photoreceiver (22) intercepts light reflected from an object (14) in the measuring region, and a processor circuit (23,30,34,36-40) delivers a distance signal according to the speed of light and the time between transmission and reception of the light pulses (12,12').

A light deflector (15), disposed between the pulsed laser and the measuring region, deflects successive light pulses into different angles in the measuring region. The deflector also sends corresponding angular position signals to the processor circuit. The processor uses the angle and distance signals to determine the object position within a 90 to 270 degree radius.

USE/ADVANTAGE - Laser radar detects distance from pulsed light and detects angle w.r.t. any basis direction in surveyed area.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 43 40 756 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
G 01 S 17/42
G 01 S 17/88
G 01 S 7/48

②1 Aktenzeichen: P 43 40 756.0
②2 Anmeldetag: 30. 11. 93
④3 Offenlegungstag: 9. 6. 94

DE 43 40 756 A 1

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①
08.12.92 DE 42 41 326.5

⑦1 Anmelder:
Erwin Sick GmbH Optik-Elektronik, 79183 Waldkirch,
DE

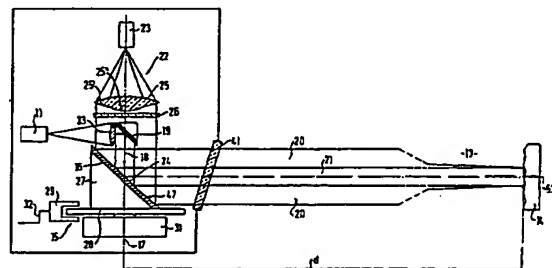
⑦4 Vertreter:
Manitz, G., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Finsterwald, M.,
Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing., 80538 München;
Rotermund, H., Dipl.-Phys., 70372 Stuttgart; Heyn,
H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 80538
München

⑦2 Erfinder:
Wetteborn, Hainer, 79183 Waldkirch, DE

Rechercheantrag gem. § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Laserabstandsermittlungsvorrichtung

⑤7 Ein Laserradar weist einen Impuls laser (11), der gesteuert Lichtimpulse (12) in einen Meßbereich (13) abgibt, eine Photoempfangsanordnung (22), welche die von einem im Meßbereich (13) befindlichen Objekt (14) zurückgeworfenen Lichtimpulse (12') empfängt, und eine Auswerteschaltung auf, welche unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Aussendung und Empfang eines Lichtimpulses ein für den Abstand des Objektes (14) charakteristisches Abstandssignal ermittelt. Zwischen dem Meßbereich (13) und dem Impuls laser (11) ist eine Lichtablenkvorrichtung (15) angeordnet, welche die aufeinanderfolgenden Lichtimpulse unter sich zunehmend verändernden Winkeln in den Meßbereich lenkt und gleichzeitig an die Auswerteschaltung ein für ihre momentane Winkelstellung repräsentatives Winkelpositionssignal abgibt. Die Auswerteschaltung ermittelt aus dem Abstandssignal und dem Winkelpositionssignal den Ort des Objektes innerhalb des Meßbereiches.



DE 43 40 756 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 94 408 023/647

25/37

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Laserabstandsermittlungsvorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Das Impulslaufzeitverfahren zur Abstandsmessung ist grundsätzlich bekannt (DE-PS 34 29 062, DE-PS 40 02 356).

Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, dieses Impulslaufzeitverfahren für die Positionsbestimmung von Objekten in räumlichen Bereichen einzusetzen, z. B. im Zusammenhang mit der Absicherung von fahrerlosen Transportsystemen sowie allgemeinen Bereichsabsicherungen.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 vorgesehen.

Die Erfindung schafft somit ein Laserradar, mittels dessen nicht nur der Abstand von vom Impulslicht getroffenen Gegenständen von der Vorrichtung bestimmt werden kann, sondern auch der Winkel, unter dem das Objekt relativ zu irgendeiner Basisrichtung im Raum angeordnet ist.

Bevorzugte Dimensionierungen des Laserradars sind durch die Patentansprüche 2 bis 5 definiert.

Durch das Ausführungsbeispiel nach Anspruch 4 wird erreicht, daß in 50 bis 150 und insbesondere 100 µs ein Winkelbereich von etwa 1° durch die Lichtablenkvorrichtung überstrichen wird.

Wenn andererseits nach Anspruch 5 etwa alle 50 µs ein Lichtimpuls kurzer Dauer ausgesendet wird, so bedeutet dies, daß etwa alle 1/2° ein Lichtimpuls ausgesendet wird oder bei einem Gesamtabtastbereich von 180° 360 Impulse. Dies reicht für eine im Sicherheitsbereich erforderliche Winkelauflösung vollständig aus.

Die zwischen zwei ausgesandten Lichtimpulsen liegende Zeit von etwa 50 µs wird für weiter unten beschriebene Tests genutzt.

Von besonderem Vorteil sind die Ausführungsformen nach den Ansprüchen 6 bis 22, denn hierdurch wird auf eine baulich kompakte und optisch sehr effektive Weise eine Abtastung eines gewünschten Raumbereiches gewährleistet, wobei der Abtastwinkel bis 360° gehen kann, normalerweise jedoch nur 180° beträgt.

Von besonderem Vorteil ist dabei die konzentrische Ausbildung von Sende- und Empfangs-Impulslichtbündeln nach den Ansprüchen 11 und 12. Hierdurch wird insbesondere eine saubere geometrische Strahlentrennung sowie Empfindlichkeit im Nahbereich erzielt.

Die Drehzahlen nach Anspruch 21 sind besonders vorteilhaft, weil hierdurch im Zusammenhang mit den verwendeten Impulsfolgefrequenzen eine ausreichende winkelmäßige und zeitliche Auflösung erzielt wird.

Im Zusammenhang mit den folgenden Ausführungsformen ist die Verwendung eines Computers gemäß Anspruch 23 von großer Bedeutung. Hierdurch können insbesondere die verschiedenen Selbstüberwachungsfunktionen des Systems wahrgenommen werden.

Die Weiterbildungen der Erfindung nach den Ansprüchen 24 und 25 gewährleisten eine für die vorgesehenen Überwachungszwecke voll ausreichende Abstandsauflösung in der Größenordnung von 5 cm/Bit, wobei ein Bit durch eine oder eine halbe Periode der Taktfrequenz definiert ist.

Die an sich durch die Taktfrequenz gegebene Auflösung kann durch die Ausführungsform nach Anspruch 26 und 27 halbiert werden.

Von besonderem Vorteil ist jedoch, daß durch die

Verwendung von zwei parallel geschalteten Einzelzählern eine Fehlerüberwachung gemäß den Ansprüchen 28 bis 30 durchgeführt werden kann.

Ein weiterer Fehlertest, der insbesondere beim Ausführungsbeispiel nach Anspruch 30 zusätzlich herangezogen wird, ist im Anspruch 31 definiert.

Weiter ist es vorteilhaft, wenn nach den Ansprüchen 32 bis 35 auch der Rauschpegel, dem das Nutz-Impulssignal überlagert ist, berücksichtigt wird, da sowohl die Helligkeit in den überwachten Räumen als auch der Reflexionsgrad der überwachten Gegenstände stark schwanken können.

Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform ist durch Anspruch 37 gekennzeichnet. Insbesondere durch diese Weiterbildung der Erfindung kann eine Meßgenauigkeit bis zu 5 cm/Bit erreicht werden.

Durch das Ausführungsbeispiel nach Anspruch 38 können Fehler im Sende- und Empfangssystem der Vorrichtung ermittelt werden.

Die Weiterbildung nach Anspruch 39 ermöglicht es außerdem, die einwandfreie Funktion der vorzugsweise verwendeten Lawinen-Empfangsdiode zu überprüfen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung befindet sich zweckmäßigerweise in einem Gehäuse, welches im Bereich des Austritts des Sende-Impulslichtbündels und des Empfangs-Impulslichtbündels durch eine entsprechend der Abtastung gekrümmte Frontscheibe abgeschlossen ist.

Um auch für die Funktion der Vorrichtung gefährliche Verschmutzungen dieser Frontscheibe selbsttätig erkennen zu können und im Falle einer übermäßigen Verschmutzung ein Verschmutzungs- oder Fehlersignal abzugeben, kann die Vorrichtung zweckmäßig nach den Ansprüchen 41 bis 43 ausgebildet sein. Das Schrägstellen des Hauptteils der Frontscheibe dient dabei gleichzeitig dem Wegspiegeln des Scheibenoberflächenreflexes.

Aufgrund der Ausführung nach den Ansprüchen 44 oder 45 können auch Verschmutzungen in Form eines Flüssigkeits-, insbesondere Ölfilms auf der Frontscheibe, die an sich den Lichtdurchgang nicht oder nur unwesentlich beeinträchtigen, ein Verschmutzungssignal auslösen, indem die Eigenschaft solcher Filme ausgenutzt wird, daß sie eine glatte Oberfläche auch dann bilden, wenn sie auf einen rauhen Untergrund aufgebracht werden. Aufgrund sicherheitstechnischer Anforderungen sollen mindestens zwei Ölmeßkanäle vorgesehen werden, um auch den Fall, daß einer der Lichtsender oder Lichtempfänger ausfällt, in der Auswerteelektronik erfassen zu können.

Über ein gemäß Anspruch 46 vorgesehenes Interface können alle gewünschten Navigations- und Fehlersignale in geeigneter Weise umgewandelt und abgerufen werden.

Vorteilhafte Anwendungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung entnimmt man dem Anspruch 47.

Der besondere Vorteil der erfindungsgemäßen Laserradarvorrichtung besteht darin, daß sie gegen jedweden Systemfehler abgesichert ist. Dies gilt sowohl für Fehler im optischen Bereich als auch in der Auswerteelektronik.

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt

Fig. 1 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Laserradars,

Fig. 2 eine schematische Draufsicht auf den Drehspiegel nach Fig. 1 und den Abtastwinkelbereich,

Fig. 3 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen La-

serradars,

Fig. 4 einen detaillierteren Querschnitt des Laserradars nach Fig. 1,

Fig. 5 ein Blockschaltbild des erfindungsgemäß bevorzugt verwendeten Zählers mit den daran angeschlossenen Komponenten,

Fig. 6 ein Signalspannungs-Zeitdiagramm verschieden starker Licht-Empfangslichtimpulse,

Fig. 7 eine Ansicht analog Fig. 1 in einer um 90° verdrehten Position des Drehspiegels zur Veranschaulichung der Funktion eines in den Strahlengang eingebrachten Testkörpers,

Fig. 8 eine zur Fig. 7 analoge Ansicht, wobei eine Leuchtdiode zur Testung des Empfangssystems gezeigt ist,

Fig. 9 einen schematischen Schnitt durch die Frontscheibe der erfindungsgemäßen Vorrichtung sowie eine der Verschmutzungsüberwachung dienende Lichtschrankenordnung mit dem zugehörigen Blockschaltbild und die

Fig. 10 bis 14 schematische Draufsichten verschiedener Anwendungen des erfindungsgemäßen Laserradars.

Nach Fig. 1 treibt ein Motor 31 einen horizontalen Drehteller 28 zu einer kontinuierlichen Umlaufbewegung um eine vertikale Achse 17 an. Am Umfang des Drehtellers 28 befindet sich ein Winkelgeber 29, der als Gabellichtschranke ausgebildet ist und über eine Leitung 32 (siehe auch Fig. 3) an eine Steuerstufe 40 innerhalb der zugehörigen Auswerteschaltung angeschlossen ist.

Auf dem Drehteller 28 ist ein Kreiszylinderkörper 27 so angeordnet, daß seine als Drehspiegel 16 ausgebildete obere Stirnfläche unter einem Winkel von 45° zur Drehachse 17 angeordnet ist. Der Drehspiegel 16 kann in nicht dargestellter Weise auch an einer Spiegelplatte ausgebildet sein, die über einen Spiegelträger auf dem Drehteller 28 befestigt ist.

Oberhalb des Drehspiegels 16 befindet sich ein wesentlich schmaler ausgebildeter, ebenfalls planer Umlenkspiegel 19, dessen Spiegelfläche einen Winkel von 45° zur Drehachse 17 aufweist und auch als Kreiszylinderkörper realisiert sein kann. Nach Fig. 4 ist auch der Umlenkspiegel 19 als ebene Spiegelplatte ausgebildet. Ein zentraler Bereich 24 des Umlenkspiegels 19 empfängt Licht eines Impulslasers 11 über eine Sendelinse 33 und den Umlenkspiegel 19. Das zunächst horizontale Lichtbündel wird am Umlenkspiegel 19 nach unten umgelenkt, um dann vom Drehspiegel 16 in eine horizontale Richtung zur Frontscheibe 41 der Vorrichtung umgelenkt zu werden. Von dort gelangt das Sendelichtbündel 21 in den Meßbereich 13, in dem beispielsweise ein lichtreflektierendes Objekt 14 angenommen ist, von dem Streulicht als Empfangslichtbündel 20 durch die Frontscheibe 41 im Sinne eines Autokollimationsstrahlenganges zurück zum Drehspiegel 16 gelangt. Das Empfangslicht 20 trifft seitlich des zentralen Bereiches 24, auf den das Sendelicht 21 und insbesondere der Mitteleinfallstrahl 18 auftreffen, auf einen Ringbereich 47 des Drehspiegels 16, um am Umlenkspiegel 19 vorbei zu einem Interferenzfilter 26 reflektiert zu werden, hinter dem sich eine Empfängerlinse 25 befindet, die Bereiche 25', 25'' unterschiedlicher Brennweite aufweist, um auch sehr nah an der Vorrichtung angeordnete Objekte einwandfrei erkennen zu können.

Die Empfängerlinse 25 konzentriert das Empfangslicht auf einem Photoempfänger 23 und bildet zusammen mit dem Photoempfänger 23 eine Photoempfangsanordnung 22. Der Drehspiegel 16, der Drehteller 28

und der Motor 31 stellen zusammen eine Lichtablenkvorrichtung 15 dar, die die Sende-Impulslichtbündel 21 und Empfangs-Impulslichtbündel 20 um die Achse 17 herum rotieren läßt. Auf diese Weise kann ein Abtastwinkelbereich von bis zu 360° realisiert werden. Nach den Fig. 2 und 5 erstreckt sich jedoch die Frontscheibe 41 nur über einen Winkel von etwa 180°, was z. B. für die vollständige Überwachung des vor einem Fahrzeug befindlichen Bereichs ausreichend ist. In Fig. 2 sind außer der Draufsicht nach Fig. 1 auch noch zwei weitere Winkelpositionen des Drehspiegels 16 und des Sende-Impulslichtbündels 21 veranschaulicht. Das eine Winkelabtastung durchführende Sende-Impulslichtbündel 21 definiert eine Abtastebene 53. Der maximale Abtastwinkelbereich 54 erstreckt sich nach Fig. 2 über 180°.

Nach Fig. 3 veranlaßt die Steuerstufe 40 über Leitungen 42, 43 den Impulslaser 11 zur Abgabe von Lichtimpulsen von einer Dauer von 3 bis 4 Nanosekunden sowie den Umlauf der Lichtablenkvorrichtung 15 mit einer Drehzahl von 1500 UpM. Über die Leitung 32 wird der Steuerstufe 40 vom Winkelgeber 29 in jedem Augenblick die Winkelposition der Lichtablenkvorrichtung 15 mitgeteilt.

Über die Sendelinse 33 und die Spiegel 19, 16 (Fig. 1, 4) werden Lichtimpulse 12 in den Meßbereich 13 geschickt. Sie werden nach einer Laufzeit t als Empfangsimpulse 12' (Fig. 3) von der Photoempfangsanordnung 22 empfangen. Der Photoempfänger 23, insbesondere eine Lawinendiode bildet daraus ein entsprechendes elektrisches Signal, welches über einen Komparator 34 an einen von einem Frequenzgenerator 52 getakteten Zähler 30 angelegt ist. Dem Referenzeingang 35 des Komparators 34 ist der Ausgang eines Rauschpegelmessers 36 zugeführt, dessen Eingang ebenfalls an den Ausgang der Photoempfangsanordnung 22 angeschlossen ist. Über eine Leitung 44 meldet der Rauschpegelmessers 36 den jeweils vorliegenden Rauschpegel auch einem Computer 38.

Das Ausgangssignal des Photoempfängers 23 ist außerdem dem Eingang eines Spitzenwertdetektors 37 zugeführt, dessen Ausgang ebenfalls an den Computer 38 angelegt ist.

Vom Impulslaser 11 führt eine Steuerleitung 45 zum Zähler 30, um diesen jeweils bei Aussendung eines Lichtimpulses anzustoßen. Sobald der Lichtimpuls 12' von der Photoempfangsanordnung 22 empfangen wird, wird der Zähler 30 aufgrund des Anschlusses der Photoempfangsanordnung 22 über den Komparator 34 angehalten. Das Zählerergebnis wird dann über die Steuerleitung 46 dem Computer 38 mitgeteilt. Dieser ermittelt daraus die Laufzeit t und berechnet den Abstand d des Objektes 14 nach der Formel

$$d = c \cdot t/2 \quad (1)$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist.

Da dem Computer 38 über die Leitung 32 und die Steuerstufe 40 die momentane Winkelposition der Lichtablenkvorrichtung 15 bekannt ist, kann nunmehr eine Information über die Polarkoordinaten des Gegenstandes 14 an das Interface 39 weitergegeben werden, wo diese zur weiteren Nutzung z. B. als Navigationssignal oder Fehlersignal zur Verfügung steht.

Die Arbeitsweise der beschriebenen Vorrichtung ist wie folgt:

Bei durch den Motor 31 zu einer stetigen Drehbewegung angetriebenen Drehspiegel 16 veranlaßt die Steuerstufe 40 den Impulslaser 11 einen Lichtimpuls 12 von

3,5 Nanosekunden Dauer abzugeben. Über die Lichtablenkvorrichtung 15 wird der Lichtimpuls 12 in den Meßbereich 13 geschickt und gemäß Fig. 1 von einem Objekt 14, welches in Fig. 3 nur gestrichelt angedeutet ist, reflektiert, so daß schließlich ein Empfangsimpuls 12' in die Empfangsanordnung 22 gelangt. Auf diese Weise erreicht das Licht nach einer Lichtlaufzeit von $2 \cdot d/c$ (wobei d der Abstand des Objektes 14 von der Vorrichtung und c die Lichtgeschwindigkeit ist) die Photoempfangsanordnung 22.

Die Zeit t zwischen dem Aussenden und Empfangen des Lichtimpulses wird mit Hilfe des Zeitintervall-Zählers 30 gemessen. Beim Aussenden des Lichtimpulses 12 wird der Zähler über die Steuerleitung 45 angestoßen und beim Empfangen des über den Meßbereich 13 hin- und hergegangenen Lichtimpulses 12' durch den Photoempfänger 23 über den Komparator 34 wieder angehalten. Bei einer zeitlichen Auflösung des Zählers von 330 ps ergibt sich eine Entfernungsmeßgenauigkeit von 5 cm.

Die Aufgabe des Rauschpegelmessers 36 besteht darin, die Detektionsschwelle in Abhängigkeit vom Empfängergeräuschniveau nachzuführen. Diese Nachführung stellt eine konstante Falschalarmrate bei veränderlichen Beleuchtungssituationen und Objekt-Reflexionsfaktoren sicher. Der Rauschpegelmesser 36 stellt am Referenzeingang 35 des Komparators 34 eine Triggerschwelle zur Verfügung, die dafür sorgt, daß z. B. nur solche empfangenen Lichtimpulse 12' ein Zähler-signal am Komparator 34 auslösen, welches siebenmal so groß wie der kurz vor dem Erscheinen des Lichtimpulses 12' vorhandene Rauschpegel ist. Der Rauschpegelmesser 36 bildet ständig einen Mittelwert des empfangenen Signals über eine Zeit, die sehr viel größer ist als die Länge eines einzelnen Lichtimpulses. Die Mittelwertbildungszeit ist jedoch deutlich kleiner als der beispielsweise 50 µs betragende zeitliche Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sende-Lichtimpulsen 12. Auf diese Weise haben die Meß-Sende-Lichtimpulse 12 keinen Einfluß auf den Mittelwert, und beim Erscheinen eines Empfangs-Lichtimpulses 12' am Eingang des Komparators 34 stellt der Rauschpegelmesser 36 am Referenzeingang 35 eine Triggerschwelle zur Verfügung, die — multipliziert mit einem Faktor von z. B. sieben — repräsentativ für den unmittelbar vor dem Eintreffen des Empfangs-Lichtimpulses 12' vorhandenen statistisch maximalen Rauschpegel ist.

Die Aufgabe des Spitzenwertdetektors 37, der aus einer Kette von schnellen ECL-Komparatoren mit Selbsthaltung aufgebaut ist, ist die Generierung von Korrekturwerten zur Kompensation der infolge Signaldynamik auftretenden Zeitmeßfehler, was im folgenden anhand von Fig. 6 erläutert wird. In Fig. 6 sind drei verschiedene an der Photoempfangsanordnung 22 nach Fig. 3 ankommende Lichtempfangsimpulse 12' dargestellt, welche eine maximale Signalspannung von 80, 81 bzw. 82 erreichen. Aufgrund eines entsprechend niedrigen Rauschpegels überschreiten sämtliche Empfangs-Lichtimpulse 12' zwar die durch den Rauschpegelmesser 36 am Referenzeingang 35 des Komparators 34 eingestellte Triggerschwelle 79, doch ist die Zeit t , zu welcher die ansteigende Flanke der drei unterschiedlichen Empfangs-Lichtimpulse die Triggerschwelle 79 überschreitet, unterschiedlich. Im dargestellten Beispiel kann der Zeitunterschied bis zu 1,2 ns betragen, was einen Meßfehler v von ca. 20 cm entspricht.

Erfindungsgemäß werden die Zeitmeßfehler (beispielsweise 84, 85 für die Maximalsignale 80, 81) relativ

zur Basiszeit 83, die für das größte vorkommende Maximum 82 angenommen sei, im Computer 38 gespeichert, wo sie für Korrekturzwecke zur Verfügung stehen.

Der Spitzenwertdetektor 37 stellt fest, ob sich die am Ausgang des Photoempfängers 23 auftretende Signalspannung U_s innerhalb von beispielsweise sechs vorgegebenen Signalstufen 1 bis 6 befindet und gibt ein entsprechendes Signal über die Steuerleitung 100 an den Computer 38 ab, wo für die aktuell festgestellte Signalspannung der entsprechende Korrekturwert (beispielsweise 84 oder 85) abgerufen und daraus ein korrigiertes Zeitsignal ermittelt wird.

Auf diese Weise werden entsprechende Meßfehler eliminiert, und es wird insgesamt eine Genauigkeit von beispielsweise 5 cm/Bit erzielt.

Die Zeitfehlereliminierung mittels des Spitzenwertdetektors 37 ist deswegen wichtig, weil der Gesamtmeßbereich der erfindungsgemäßen Vorrichtung bei 4 m liegt, so daß beispielsweise ein Meßfehler von 20 cm normalerweise nicht mehr hingenommen werden kann.

Da die Steuerstufe 40 den Impulslaser 11 und die Lichtablenkvorrichtung 15 kontrolliert, kann der Computer 38 jeder Winkelposition der Lichtablenkvorrichtung 15 einen Entfernungsmeßwert zuordnen. Die Auswertung der Meßdaten im Computer 38 besteht aus der Überwachung eines zuvor in Polarkoordinaten abgelegten Schutzfeldes 122", wie es in Fig. 12 beispielsweise für ein fahrerloses, selbststeuerndes Fahrzeug 120 vor dem an der Frontseite des Fahrzeugs 120 montierten erfindungsgemäßen Laserradar 121 schematisch dargestellt ist. Immer dann, wenn das Schutzfeld 122" den vom Laserradar 121 feststellbaren Fahrbahnrand 101 oder ein sonstiges Hindernis 123 (Fig. 11) erkennt, kann eine entsprechende Gegensteuerbewegung ausgelöst werden, wobei auch der Sektor S1 bis S16, wo sich das Hindernis befindet, ermittelt wird.

Fig. 10 zeigt den einfachsten Anwendungsfall bei einem an der Frontseite mit einem erfindungsgemäßen Laserradar 121 ausgestatteten selbststeuernden Fahrzeug 120, wobei das Schutzfeld 122 auf zwei Fahrbahnbegrenzungen 101 anspricht. Sobald das Schutzfeld 122 eine der Begrenzungen 101 erfaßt, leitet das Laserradar 121 eine Gegensteuerbewegung ein.

Fig. 11 zeigt ein Beispiel, wo das Schutzfeld 122" vor dem an der Frontseite eines Fahrzeuges 120 angeordneten Laserradars 121 gemäß der Erfindung so eingestellt ist, daß es auf in einem vorbestimmten Abstand r befindliche Hindernisse 123 beispielsweise durch ein Abschalt- oder Bremssignal reagiert.

Nach Fig. 12 ist das Schutzfeld 122" vor dem Fahrzeug 120 so differenziert ausgebildet, daß für unterschiedliche Winkelsektoren unterschiedliche kritische Abstände S1 bis S16 vorgesehen werden können, so daß nicht nur Hindernisse erkannt, sondern auch ihr Winkel und ihr Abstand gegenüber dem Ort des Laserradars 121 festgestellt werden können.

Fig. 13 zeigt ein selbstnavigierendes Fahrzeug 120, dessen Navigationsgerät 125 mit dem erfindungsgemäßen Laserradar über eine Informationsleitung 102 verbunden ist, wodurch das Laserradar 121 mittels seines Erfassungsbereiches 124 von Zeit zu Zeit an Stellen, wo die Koordinaten der Umgebung bekannt sind, das Navigationsgerät 125 auf den aktuellen Stand korrigieren kann.

Die anhand von Fig. 14 gezeigte Anwendung besteht darin, daß das erfindungsgemäße Laserradargerät 121 einen annähernd rechteckförmigen, entfernungsbegrenzten Schutzbereich 127 definiert, an dessen einer

Ecke es so angeordnet ist, daß die Winkelhalbierende des Abtastwinkelbereiches 54 etwa auf der Diagonalen des rechteckförmigen Schutzbereiches liegt. Im diagonal gegenüberliegenden Eckbereich befindet sich eine gefährliche Arbeitsmaschine 126, vor der durch das erfindungsgemäße Laserradargerät 121 Personen, die sich der Maschine nähern, geschützt werden sollen. Wesentlich ist dabei, daß der Schutzbereich 127 durch das erfindungsgemäße Laserradargerät 121 so begrenzt werden kann, daß eine beispielsweise an einer ungefährlichen Stelle bei 103 befindliche Person, obwohl sie sich im Abtastwinkelbereich 54 befindet, nicht erkannt wird, während eine beispielsweise bei 104 an einer gefährdeten Stelle befindliche Person erkannt wird, was dann z. B. zum Abschalten der gefährlichen Arbeitsmaschine 126 führt.

Das erfindungsgemäße Laserradar hat eine Reichweite von 4 bis 6 m und eine Auflösung von besser als 7 cm. Die Erfassungszeit beträgt ca. 40 ms, und der Erfassungswinkel ist in allen Fällen 180°.

Am Interface 39 (Fig. 3) wird beispielsweise im Falle der Anwendung nach Fig. 11 ein Hindernis-Entfernungssignal r erzeugt, das z. B. für ein Stoppsignal im Fahrzeug 120 verwendet werden kann.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 12 kann für jeden Sektor S1 bis S16 ein Minimum-Entfernungssignal eingestellt werden.

Bei der Navigationsstützung nach Fig. 13 kann mit einer Meßrate von 360 Messungen in 40 ms gearbeitet werden. Die laterale Auflösung kann in allen Fällen 0,5° betragen, während die Entfernungsauflösung bis auf ± 5 cm herabsetzbar ist.

Der entfernungsbegrenzte Schutzbereich 127 nach Fig. 14 kann 3 bis 4 in betragen, wobei dann die Erfassungszeit 80 bis 120 ms ist bei einer Auflösung von 5 cm.

Erfindungsgemäß ist der Zähler 30 aus zwei asynchronen Einzelzählerketten aufgebaut, wobei jeweils ein Zähler auf der positiven und ein Zähler auf der negativen Flanke des 1,5 GHz-Taktes inkrementiert, so daß sich durch Addition beider Zählerstände eine Auflösung von 330 ps ergibt. Wie dies im einzelnen geschieht, wird im folgenden erläutert:

Nach Fig. 5 enthält der erfindungsgemäße Zähler 30 zwei asynchron arbeitende Einzelzähler 50, 51, deren Takteingänge 105, 106 über ein ODER-Gatter 71 angesteuert sind. Wichtig ist, daß der Ausgang 72 für den Takteingang 106 des Einzelzählers 51 gegenüber dem Ausgang 72' für den Takteingang 105 des Einzelzählers 50 invertiert ist. Die beiden Eingänge des ODER-Gatters 71 sind über einen Testzählimpulseingang 55 an den Computer 38 bzw. an den Ausgang eines UND-Gatters 73 angeschlossen, dessen beide Eingänge am Schaltausgang eines Flip-Flops 76 bzw. an einen Höchstfrequenzspannungseingang 59 angeschlossen sind, welcher vom Frequenzgenerator 52 mit einer Höchstfrequenzspannung von 1,5 GHz beaufschlagt ist.

Der Schalteingang des Flip-Flops 76 liegt am Ausgang eines ODER-Gatters 75 an, dessen beide Eingänge über die Leitung 45 (siehe auch Fig. 3) vom Impuls laser 11 beaufschlagt ist, während der andere Eingang an einen Teststarteingang 58 anliegt, der über eine Steuerleitung 65 mit dem Computer 38 verbunden ist.

Der Ausgang des Komparators 34 (Fig. 3) ist nach Fig. 7 über die Leitung 62 an den Meßstoppeingang 61 des Zählers 30 angelegt, der seinerseits mit dem einen Eingang eines ODER-Gatters 74 in Verbindung steht. Der andere Eingang des ODER-Gatters 74 ist mit dem Überlaufausgang 107 des zweiten Einzelzählers 51 ver-

bunden.

Vom Computer 38 führt eine Steuerleitung 66 weiter zu einem Multiplexer-Schalteingang 67, der mit dem Schalteingang 108 eines Multiplexers 68 verbunden ist.

Die Zählerausgangssignale der Einzelzähler 50, 51 werden an die beiden Eingänge einer Additionsstufe 69 angelegt, welche aus den beiden Eingangs-Zählsignalen die Summe bildet und diese über den Multiplexer 68 einer Ausgangsstufe 70 zuführt.

Das Zählsignal des zweiten Einzelzählers 51 ist über die Steuerleitung 109 außerdem unmittelbar an einen zweiten Eingang des Multiplexers 68 angelegt. Über den Steuereingang 108 kann wahlweise der Ausgang der Additionsstufe 69 oder der Ausgang des zweiten Einzelzählers 51 zur Ausgangsstufe 70 durchgeschaltet werden.

Der Testzählimpulseingang 55 wird vom Computer 38 über eine Steuerleitung 56 angesteuert. Der Teststarteingang 58 wird über eine Steuerleitung 65 ebenfalls vom Computer 38 beaufschlagt.

Die beiden Einzelzähler 50, 51 weisen weiter Reset-Eingänge 110, 111 auf, die über einen Reset-Eingang 63 und eine Steuerleitung 64 vom Computer 38 angesteuert sind.

Mit dem anhand von Fig. 5 erläuterten Zähler 30 werden während des Betriebs des erfindungsgemäßen Laserradargeräts folgende Funktionen ausgeführt:

Während der Drehspiegel 16 den Nutz-Abtastwinkelbereich 54 (Fig. 2, 14, 16) überstreicht, löst jeder vom Impuls laser 11 abgegebene Lichtimpuls 12 im Moment seiner Abgabe über die Leitung 45 und das ODER-Gatter 75 ein Umschalten des Flip-Flops 76 aus, so daß das angeschlossene UND-Gatter 73 die an seinem anderen Eingang anstehende Höchstfrequenzspannung von 1,5 GHz zum ODER-Gatter 71 durchläßt. Von dort gelangt nun die Höchstfrequenzspannung zu den Zähleingängen 105, 106 der Einzelzähler 50, 51, wobei jedoch das zum Zählereingang 106 des zweiten Zählers 51 gelangende Zählsignal aufgrund des invertierten Ausgangs 72 des ODER-Gatters 71 gegenüber dem Zählsignal am Eingang 105 um 180° phasenverschoben ist. Mit anderen Worten zählt nun der Zähler 50 die ansteigenden Flanken der positiven Halbwellen, der Einzelzähler 51 die abfallenden Flanken der negativen Halbwellen. Dadurch werden während jeder Periode der Höchstfrequenzspannung aus dem Frequenzgenerator 52 zwei Bits durch die Einzelzähler 50, 51 erzeugt, und zwar um jeweils 180° phasenverschoben.

Die Zählung der Halbwellen der Höchstfrequenzspannung aus dem Frequenzgenerator 52 wird nun solange fortgesetzt, bis ein Lichtimpuls 12' (Fig. 3) von der Photoempfangsanordnung 22 aufgenommen wird und über den Komparator 34, die Leitung 62, den Meßstoppeingang 61 und das ODER-Gatter 74 ein Stoppsignal an den Rücksetz-Eingang 112 des Flip-Flops 76 abgegeben wird. Daraufhin wird das Flip-Flop 76 in seinen Ausgangszustand zurückgesetzt, worauf das UND-Gatter 73 sperrt und den Höchstfrequenzgenerator 52 vom ODER-Gatter 71 abtrennt. Damit wird die Zählung der Einzelzähler 50, 51 gestoppt, und nunmehr kann der Computer 38, dem dies über die Leitung 46 (Fig. 3) gemeldet worden ist, nicht nur die gemessenen Zählerstände nach Summierung in der Additionsstufe 69 über den Multiplexer 68 und die Ausgangsstufe 70 abrufen, sondern zusätzlich noch zwei Tests durchführen.

Nachdem während jeder Periode der Höchstfrequenzspannung zwei Bits erzeugt werden, wird bei einer Frequenz von 1,5 GHz eine zeitliche Auflösung bei

der Laufzeitmessung (t) von 330 ps und damit eine Entfernungsmeßgenauigkeit von 5 cm/Bit erzielt.

Nachdem auf diese Weise eine Laufzeitmessung erfolgt ist, schaltet der Computer 38 über die Steuerleitung 66 und den Multiplexer-Schalteneingang 67 den Multiplexer 68 um, so daß dieser nunmehr den über die Leitung 109 anstehenden Zählerstand des zweiten Zählers 51 an den Computer 38 abgeben kann. Dort findet nunmehr ein Vergleich des Summenausgangssignals der Additionsstufe 69 mit dem Doppelten des Zählerstandes des zweiten Zählers 51 statt. Bei einwandfreiem Arbeiten aller Komponenten dürfen sich die beiden Zahlenwerte höchstens um ein Bit unterscheiden. Wird dies vom Computer 38 festgestellt, ist dies ein Zeichen dafür, daß sämtliche Komponenten einwandfrei gearbeitet haben. Ergibt dieser Vergleich jedoch einen Unterschied von mehreren Bits, so erzeugt der Computer 38 ein Fehlersignal und stoppt beispielsweise die gefährliche Arbeitsmaschine 96 nach Fig. 16.

Der vorgenannte Test kann beispielsweise nach jedem empfangenen Lichtimpuls 12' und der entsprechenden Auswertung einmal durchgeführt werden. Im allgemeinen genügt es jedoch, wenn erst nach einem vollständigen Abtasten des Abtastwinkelbereiches 54 ein derartiger Test durchgeführt wird.

Im letzteren Falle wird vom Computer 38 auch noch ein weiterer Sicherheitstest dahingehend durchgeführt, daß an den Testzählimpulseingang 55 über die Zuleitung 56 Testzählimpulse gegeben werden, die über das ODER-Gatter 71 Zählvorgänge in den Einzelzählern 50, 51 auslösen, wobei jedoch diese Testzählung ca. 300mal langsamer, also beispielsweise mit einer Frequenz von 5 MHz vor sich geht als beim eigentlichen Meßvorgang.

Der Zählvorgang wird vom Computer über die Steuerleitung 65, den Teststarteingang 58, das ODER-Gatter 75, das Flip-Flop 76 und das UND-Gatter 73 in ähnlicher Weise ausgelöst, wie das beim eigentlichen Meßvorgang über den Meßstarteingang 57 vor sich geht.

Ein einmal ausgelöster Testzählvorgang wird solange fortgesetzt, bis die Zähler 50, 51 voll sind, worauf über den Überlauf-Ausgang 107 des zweiten Einzelzählers 51, die Reset-Leitung 77 und das ODER-Gatter 74 ein Stoppsignal an den Reset-Eingang 112 des Flip-Flops 76 abgegeben wird. Nunmehr kann über die Additionsstufe 69 und die Leitung 109 sowie den Multiplexer 68, welcher vom Computer 38 wieder in geeigneter Weise angesteuert wird, überprüft werden, ob die tatsächlichen Zählerstände mit dem Sollwert übereinstimmen.

Durch diesen zweiten Test, der ebenfalls nur einmal nach jeder Abtastung durchgeführt wird, kann geprüft werden, ob die logischen Funktionen korrekt arbeiten. Da der Computer 38 die die Zählung auslösenden positiven und negativen Flanken am Testeingang 55 erzeugt, kann er durch Vergleich der erhaltenen Zählerstände mit der Zahl der ausgegebenen Flanken die einwandfreie Funktion ohne weiteres prüfen. Logische Fehlfunktionen sowie zerstörte Signalleitungen können auf diese Weise sicher aufgedeckt werden.

Die Anordnung von zwei Einzelzählern 50, 51 im Zähler 30 hat also nicht nur den Vorteil einer Verdopplung der Zeitauflösung, sondern ermöglicht auch die beiden vorstehend beschriebenen Sicherheitstests.

Die Fig. 4 und 7 zeigen, daß in demjenigen Bereich der 360° Abtastung des Drehspiegels 16, welcher außerhalb des Abtastwinkelbereiches 54 (Fig. 2) liegt, Testvorrichtungen angeordnet werden können. Eine dieser Testvorrichtungen besteht aus einem im Bereich des Sende-Lichtimpulsbündels 21 angeordneten Testkörper

86, der vorzugsweise aus einem lichtstreuenden Material besteht. Es kann sich hierbei um eine gesinterte Glasscheibe (Glasfritte) handeln, in der das Licht an den kristallinen Partikeln gestreut wird. Eine geschwärmte Ringblende 87 rund um den Bereich, wo das Sende-Impulslichtbündel 21 auftritt, vermindert unerwünschte Streulichteefekte.

Da die streuenden Eigenschaften des Testkörpers 86 bekannt und stabil sind, kann durch Auswertung des Empfangssignals des Photoempfängers 23, der vorzugsweise als Lawinen-Empfängerdiode ausgebildet ist, das einwandfreie Arbeiten des Impulslasers 11 und des Empfangssystems getestet werden.

Das Empfangssignal U_s der Photoempfangsanordnung 22 berechnet sich nach der folgenden Formel:

$$U_s = P_s \cdot R_r \cdot R_q \cdot M \cdot R_t \quad (2)$$

In dieser Formel bedeuten:

U_s : Empfangssignal

P_s : Sendeleistung

R_r : Testzielreflexionsgrad

R_q : Quantenwirkungsgrad

M : Multiplikationsfaktor der verwendeten Lawinendiode 23

R_t : Transimpedanz der Lawinendiode 23 (effektiver Arbeitswiderstand der Diode)

Der Computer prüft nun, ob das Empfangssignal U_s wenigstens den Wert einer vorgegebenen Grenzwertkonstante K_1 erreicht. Ist dies der Fall, so wird die Sende-Empfangsanordnung als einwandfrei bewertet und die Messung fortgesetzt. Sinkt jedoch das Empfangssignal U_s bei dem vorbeschriebenen Test unter K_1 ab, so meldet der Computer 38 einen Fehler und schaltet beispielsweise die gefährliche Arbeitsmaschine 126 nach Fig. 14 ab.

Gemäß Fig. 9 kann in dem gleichen für die eigentliche Messung ineffektiven Winkelbereich ein weiterer Test dadurch durchgeführt werden, daß entweder innerhalb des Testkörpers 86 oder daneben (Fig. 4) eine Leuchtdiode 88 vorgesehen ist, die durch das abbildende Empfangssystem bzw. die Photoempfängeranordnung 22 auf den Photoempfänger 23 abgebildet wird, welcher wieder als Lawinendiode angenommen wird. Der dadurch in der Lawinendiode 23 erzeugte Gleichstrom I führt aufgrund der physikalischen Gesetze zu einem Quantenrauschen (Schrotrauschen), welches über den Rauschpegelmesser 36 (Fig. 3) quantitativ bestimmt wird. Eine Auswertung erlaubt bei bekannten Empfängergeräuschstrom I die Berechnung des sog. Excess-Noise-Index der Lawinen-Photodiode 23, welcher ein direktes Maß für die Qualität bzw. die Funktionsfähigkeit der Lawinen-Photodiode 23 ist. Zusammen mit dem Meßergebnis des anhand von Fig. 7 beschriebenen Tests kann damit indirekt die Systemempfindlichkeit unter allen Umgebungslichtsituationen nachgewiesen werden.

Der vom Rauschpegelmesser 36 ermittelte Rauschpegel errechnet sich nach der folgenden Formel

$$U_r = (2 \cdot q \cdot I \cdot M^{1+k} \cdot f_g)^{1/2} \cdot R_t \quad (3)$$

Der Computer 38 überprüft dann, ob die folgende Forderung erfüllt ist:

$$\frac{U_s(I)^{1/2}}{U_r \cdot K_1} \geq \frac{1}{(2 \cdot q \cdot M^{1+k} \cdot f_g)^{1/2} \cdot R_t} = K_2 \quad (4)$$

In den vorgenannten Formeln bedeuten:

I: Photostrom in der Photodiode 23

Ur: Rauschspannung aufgrund der Beleuchtung durch die Leuchtdiode 88

M: Multiplikationsfaktor der Lawinendiode 23

Elementarladung ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulomb)

Rt: Transimpedanz der Lawinendiode 23

f_g : Grenzfrequenz des Rauschens

K2: zweite Grenzwertkonstante

Nach den Fig. 4 und 9 sind unterhalb der unteren Stirnseite 89 der Frontscheibe 41 über den Abtastwinkelbereich 54 gleichmäßig verteilt Leuchtdioden 91 angeordnet, welche jeweils einen Lichtschrankenstrahl 98 nach oben aussenden, der einen gemäß den Fig. 4 und 9 abgewinkelten unteren Teil der Frontscheibe 41 durchquert und dann durch den schräggestellten Hauptteil der Frontscheibe 41 hindurch zu einem darüber angeordneten zugeordneten Photoempfänger 92 gelangt. Die Schrägstellung des Hauptteils der Frontscheibe 41 hat nicht nur den Sinn, eine Durchtrittsmöglichkeit für die senkrechten Lichtschrankenstrahlen 98 zu schaffen, sondern auch den Innenseitenreflex von der Frontscheibe 41 von der Photoempfangsanordnung 22 fernzuhalten.

Erfindungsgemäß weist der untere abgewinkelte Teil der Frontscheibe 41 über den Umfang verteilt zwei auf ihrer äußeren Fläche mattierte bzw. aufgerauhte Bereiche 41' auf, durch welche das vom zugeordneten Lichtsender 91 ausgehende scharfgebündelte Licht 131 bei Nichtvorhandensein eines in Fig. 4 eingezeichneten glättenden Ölfilms 128 in einen wesentlich größeren Raumwinkelbereich 129 gestreut wird, so daß der zugeordnete Lichtempfänger 92 nur eine geringe Lichtmenge vom Lichtsender 91 erhält.

Schlägt sich jetzt auf der aufgerauhten äußeren Fläche des mattierten Bereiches 41' beispielsweise ein Ölfilm 128 nieder, so hebt dieser aufgrund des nur geringen Brechungsindexunterschiedes zum darunterliegenden Material der Frontscheibe 41 die starke Lichtstreuung des Bündels 131 auf, so daß nunmehr ein konzentriertes Lichtbündel 130 den zugeordneten Lichtempfänger 92 trifft und ein wesentlich stärkeres Lichtempfangssignal am Lichtempfänger 92 auslöst. Die starke Zunahme des Ausgangssignals des Lichtempfängers 92 ist also ein Maß dafür, daß sich auf der aufgerauhten Oberfläche des mattierten Bereiches 41' ein glättender Flüssigkeitsfilm niedergeschlagen hat.

Von den über den Umfang der Frontscheibe 41 verteilten Lichtsender-Lichtempfänger-Paaren 91, 92 ist zumindest zweien ein mattierter Bereich 41' zugeordnet, um für den Fall eines defekten optoelektronischen Bauelements eine Redundanz zu schaffen.

Nach Fig. 9 sind die Leuchtdioden 91 an eine Reihe von Ausgängen 113 eines Multiplexers 93 angeschlossen, der vom Computer 38 angesteuert wird und über einen Impulsformer 95 mit Rechteckimpulsen beschickt wird.

Die Empfangsdioden 92 sind mit den verschiedenen Eingängen 114 eines weiteren Multiplexers 94 verbunden, der ebenfalls vom Computer 38 angesteuert wird und über einen Verstärker 96 sowie einen Analog-Digital-Wandler 97 an den Computer 38 angeschlossen ist.

Die beschriebene Anordnung von Leuchtdioden 91 und Empfangsdioden 92 dient einer Überwachung der Verschmutzung der Frontscheibe 41. Ihre Arbeitsweise ist wie folgt:

Der Computer 38 taktet den Multiplexer 93 so, daß er

nacheinander an die auf dem Umfang des Abtastwinkelbereiches 54 gleichmäßig angeordneten Sendedioden 91 nacheinander einen Rechteckimpuls über den Impulsformer 95 abgibt. Im gleichen Rhythmus werden die jeweils gegenüberliegenden Empfangsdioden 92 aktiviert, indem der Multiplexer 94 vom Computer 38 in gleicher Weise wie der Multiplexer 93 getaktet wird, wodurch nacheinander die Ausgänge der einzelnen Empfangsdioden 92 an den Verstärker 96 und den Analog-Digital-Wandler 97 angelegt werden. Dadurch empfängt der Computer 38 laufend Signale von den einzelnen Empfangsdioden 92. Durch Vergleich einer vorgegebenen Soll-Empfangsstärke mit der tatsächlichen Empfangsstärke der Lichtstrahlen 98 kann der Computer 38 somit Verschmutzungen der Frontscheibe 41 erkennen. Sollte an zumindest einer Stelle eine übermäßige Verschmutzung erkannt werden, so meldet der Computer 38 dies an das Interface 39, und es kann dann beispielsweise ein Warn- oder Abschaltssignal abgegeben werden.

Bei der Auswertung der Empfangssignale der Lichtempfänger 92, die einem mattierten Bereich 41' zugeordnet sind, unterscheidet der Computer 38 zwischen einer Abnahme und Zunahme des Empfangssignals, so daß sowohl eine verdunkelnde Verschmutzung als auch ein Ölfilm in dem zwischen dem Lichtsender 91 und dem Lichtempfänger 92 verlaufenden Lichtbündel erkannt werden können. Es ist aber auch möglich, daß das dem mattierten Bereich 41' zugeordnete Lichtsender-Lichtempfänger-Paar 91, 92 nur zur Erkennung von Flüssigkeitsfilmen dient, so daß der Computer 38 bei Aufschaltung eines solchen Lichtsender-Lichtempfänger-Paars 91, 92 nur auf einen vergrößerten Lichtempfang anspricht.

Neben den vorzugsweise vier Meß-Lichtschrankenstrahlen 98 sollen zwei redundant aufgebaute Referenzzweige vorhanden sein, deren Strahlverlauf nicht durch die Scheibe führt, wodurch der Temperaturgang der Sendedioden sowie der Impulsstromquelle durch entsprechenden Signalvergleich im Computer 38 eliminiert werden kann. Durch zweikanalige Ausbildung der Referenzzweige ist die Schaltung so ausgelegt, daß jede Fehlfunktion aufgedeckt wird.

Weiter wird erfindungsgemäß vom Computer die Motordrehzahl und das Systemtiming überwacht. Es erfolgt eine zeitliche und logische Programmablaufüberwachung.

Die Überwachung der elektronischen Funktionen erfolgt erfindungsgemäß durch einen RAM-, ROM-, ALU-, Watchdog-Test, A/D-Wandler (Verschmutzungsmessung, Rauschpegelmessung), D/A-Wandler (Komparatortest), Spitzenwertdetektor, Stopp-Komparator und Oszillatoren für den Computer 38 und den 1,5 GHz-Zähler.

Erfindungsgemäß sind zwei optoentkoppelte, dynamische, rückgelesene Eingriffsleitungen vorgesehen. Der Nachweis der Systemleitung basiert auf einer Worst-Case-Leistungsbilanz. Es erfolgt eine einfehlersichere Ansteuerung des Lasers (Augensicherheit). Weiter kann ein Zugriffsschutz für den Einrichtungsmodus über Paß-Worte erreicht werden. Durch das beschriebene Lichtgitter ist eine Verschmutzungserkennung und -warnung gewährleistet.

Es liegt ein definiertes Anlaufverhalten des Systems bzw. der Schnittstelle vor. Nach dem Einschalten der Einrichtung werden alle o.g. Tests durchlaufen.

Die Empfindlichkeit der Sender-Empfänger-Anordnung wird so eingestellt, daß noch Objekte mit einem

Reflexionsgrad bis hinunter zu 2% erkannt werden.

Das Laserradargerät ist nach Fig. 4 in einem Gehäuse 115 untergebracht, welches vorne durch eine Deckkappe 116 abgeschlossen ist, in deren unterem Bereich die über 180° gekrümmte Frontscheibe 41 vorgesehen ist. Nach Fig. 4 sind Sender und Empfänger in einer als kompakte Baueinheit ausgebildeten Sender-Empfänger-Einheit 49 beispielsweise in Form eines zylindrischen Gehäuses untergebracht.

Patentansprüche

1. Laserabstandsermittlungsvorrichtung nach dem Impulsaufzeitverfahren mit einem Impuls laser (11), der gesteuert Lichtimpulse (12) in einen Meßbereich (13) schickt, einer Photoempfangsanordnung (22), welche die von einem im Meßbereich (13) befindlichen Objekt (14) zurückgeworfenen Lichtimpulse (12') empfängt und einer Auswerteschaltung (23, 30, 34, 36, 37, 38, 39, 40), welche unter Berücksichtigung der Lichtgeschwindigkeit aus der Zeit zwischen Aussendung und Empfang eines Lichtimpulses (12, 12') ein für den Abstand des Objektes (14) vom Impuls laser (11) charakteristisches Abstandssignal ermittelt, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Meßbereich (13) und dem Impuls laser (11) eine Lichtablenkvorrichtung (15) angeordnet ist, welche die aufeinanderfolgenden Lichtimpulse (12) unter sich zunehmend verändernden Winkeln in den Meßbereich (13) lenkt und gleichzeitig an die Auswerteschaltung (23, 30, 34, 36, 37, 38, 39, 40) ein für ihre momentane Winkelstellung repräsentatives Winkelpositionssignal abgibt, und daß die Auswerteschaltung (23, 30, 34, 36, 37, 38, 39, 40) aus dem Abstandssignal und dem Winkelpositionssignal den Ort des Objektes (14) innerhalb des Meßbereiches (13) ermittelt, wobei der Abstandswinkelbereich (54) vorzugsweise größer als 90° und insbesondere kleiner als 270° ist sowie bevorzugt etwa 180° beträgt und zweckmäßigerweise die Impulslichtstrahlen eine vorzugsweise horizontale Abtastebene (53) definieren.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtimpulsdauer so gering ist, daß während dieser Zeit die Lichtablenkvorrichtung (15) als praktisch stillstehend angesehen werden kann.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtimpulsdauer einige Nanosekunden, zweckmäßigerweise 1—5, vorzugsweise 2—4 und insbesondere etwa 3 ns beträgt.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Winkelgeschwindigkeit der Lichtablenkvorrichtung (15) $0,5 \cdot 10^4$ bis $2 \cdot 10^4$, insbesondere etwa $1 \cdot 10^4$ /sec beträgt.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand aufeinanderfolgender Sende-Lichtimpulse (12) um mehrere Zehnerpotenzen, vorzugsweise um größenordnungsmäßig 4 Zehnerpotenzen größer als die Impulslänge ist und/oder daß vorzugsweise die Impulsfolgefrequenz zwischen 5 bis 50, zweckmäßigerweise 10 bis 40, und insbesondere etwa 20 kHz beträgt.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtablenkvorrichtung (15) einen vorzugsweise planen

Drehspiegel (16) umfaßt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehspiegel (16) um einen der Einfallslichtstrahlen, vorzugsweise den Mitteleinfallslichtstrahl (18) drehbar ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachse (17) bzw. der Mitteleinfallslichtstrahl (18) unter 30 bis 60, vorzugsweise 40 bis 50 und insbesondere 45° zur Oberfläche des Drehspiegels (16) verläuft, wobei der Drehspiegel (16) in Richtung der Drehachse (17) gesehen zweckmäßig Kreisscheibenform hat.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehspiegel (16) ein Sende-Impulslichtbündel (21) im wesentlichen von oben empfängt und im wesentlichen horizontal abstrahlt.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das vom Impuls laser (11) vorzugsweise horizontal abgestrahlte Impulslicht über einen fest angeordneten, vorzugsweise planen Umlenkspiegel (19) um vorzugsweise 90° zum Drehspiegel (16), insbesondere nach unten abgelenkt wird.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem Impuls laser (11) eine ein paralleles Sende-Impulslichtbündel (21) bildende Sendelinse (33) vorgeschaltet ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtablenkvorrichtung (15) auch ein Empfangs-Impulslichtbündel (20) aufnimmt und zur Photoempfangsanordnung (22) lenkt, wobei das Sende-Impulslichtbündel (21) und das Empfangs-Impulslichtbündel (20) jenseits des Drehspiegels (16) vorzugsweise koaxial zueinander sind und wobei insbesondere das Sende-Impulslichtbündel (21) zentral verläuft und einen kreisförmigen Querschnitt aufweist und das Empfangs-Impulslichtbündel (22) rund um das Sende-Impulslichtbündel herum angeordnet ist und einen kreisringförmigen Querschnitt besitzt und beide Bündel (20, 21) aneinander angrenzen, so daß der Drehspiegel (16) einen zentralen Bereich (24), wo das Sende-Impulslichtbündel (21) auftrifft, und einen peripheren Bereich (47), wo das Empfangs-Impulslichtbündel (20) auftrifft, aufweist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Umlenkspiegel (19) für das vom Impuls laser (11) bzw. der Sendelinse (33) kommende Impulslicht gegenüber, insbesondere über einem zentralen Bereich (24) des Drehspiegels (16) angeordnet ist und das Empfangs-Impulslichtbündel (20) am Umlenkspiegel (19) vorbei zur Photoempfangsanordnung (22) gelangt, wobei der Umlenkspiegel (19) in Richtung des an ihm vorbeigehenden Empfangs-Impulslichtbündels (20) vorzugsweise einen kreisförmigen Querschnitt besitzt.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Photoempfangsanordnung (22) eine das Empfangslicht auf einen Photoempfänger (23) konzentrierende Empfängerlinse (25) umfaßt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 und 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser der Empfängerlinse (25) so groß ist, daß sie das neben dem zentralen Bereich (24) auf den peripheren Bereich

- (47) des Drehspiegels (16) auftreffende Empfangs-Impulslichtbündel (20) aufnimmt.
16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß am Eingang der Photoempfangsanordnung (22) ein auf das Spektrum des vom Impuls laser (11) ausgesendeten Lichtes abgestimmtes Interferenzfilter (26) angeordnet ist.
17. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangslinse (25) zwei Bereiche (25', 25'') mit unterschiedlichen Brennweiten aufweist, die vorzugsweise konzentrisch zueinander liegen.
18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehspiegel (16) an einer Schrägschnittebene eines Kreiszylinderkörpers (27) ausgebildet ist, dessen Zylinderachse mit der Drehachse (17) zusammenfällt.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehspiegel (16) an einer ebenen Spiegelplatte (78) ausgebildet ist, die auf einen drehbaren Spiegelträger (48) angebracht ist.
20. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtablenkvorrichtung (15) einen 360°-Ablenkwinkel überstreicht und vorzugsweise kontinuierlich in einer Drehrichtung umläuft.
21. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehspiegel (16) auf einem Drehteller (28) angeordnet ist, der von einem Motor (31) zu einer kontinuierlichen Rotation mit vorzugsweise vorgegebener Drehzahl angetrieben ist, wobei die Drehzahl zweckmäßigerweise 1000 bis 3000, insbesondere etwa 1500 UpM beträgt.
22. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich des Drehtellers (28) ein Winkelgeber (29) angeordnet ist, der die momentane Winkelposition des Drehtellers (28) der Auswerteschaltung (38, 40) meldet.
23. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung einen Computer (38) enthält, in dem alle erforderlichen Rechenoperationen, insbesondere die Berechnung des Abstandes des Objektes (14) aus der Impulslaufzeit (t) ausgeführt werden.
24. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung einen Zähler (30) mit vorzugsweise fest vorgegebener Taktfrequenz umfaßt, der mit dem Impuls laser (11) bzw. seiner Triggerschaltung so verbunden ist, daß er bei Aussendung eines Lichtimpulses (12) angestoßen wird, und mit der Photoempfangsanordnung (22) so verbunden ist, daß er beim Empfang des gleichen Lichtimpulses (12') durch die Photoempfangsanordnung (22) angehalten wird, und daß aus dem Zählerstand die Laufzeit (t) und vorzugsweise der Abstand des Objektes (14) berechnet wird.
25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Zähler (30) durch einen Frequenzgenerator (52) beaufschlagt ist, welcher zweckmäßigerweise mit einer Taktfrequenz von 0,5 bis 3,0, insbesondere 1 bis 2 und vorzugsweise etwa

- 1,5 GHz arbeitet.
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Zähler (30) aus zwei asynchronen Einzelzählern (50, 51) aufgebaut ist, von denen einer auf die positiven Halbwellen, insbesondere die ansteigenden Flanken der positiven Halbwellen, und der andere auf die negativen Halbwellen, insbesondere die abfallenden Flanken der negativen Halbwellen einer vom Frequenzgenerator (52) abgegebenen Höchsthochfrequenzspannung anspricht.
27. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die Laufzeit (t) eines Lichtimpulses (12, 12') erzeugten beiden Einzelzählerstände addiert und als Maß für die Laufzeit (t) verwendet werden.
28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Summe der Einzelzählerstände mit dem verdoppelten Zählerstand eines der Einzelzähler (50, 51) verglichen und ein Fehlersignal abgegeben wird, wenn der Vergleich einen Unterschied um mehr als einige Bits, vorzugsweise ein Bit ergibt.
29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich nach jeder Auswertung eines Lichtimpulses (12, 12') durchgeführt wird.
30. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich in der Pause zwischen dem Ende einer Abtastung des Abtastwinkelbereiches (54) und dem Beginn der nächsten Abtastung des Abtastwinkelbereiches (54) durchgeführt wird.
31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß in der Pause zwischen zwei Abtastungen des Abtastwinkelbereiches (54) der Computer (38) gesteuert Zählimpulse an die Einzelzähler (50, 51) liefert, das Zählergebnis prüft und ein Fehlersignal abgibt, wenn das Zählergebnis nicht mit der eingegebenen Anzahl von Zählimpulsen übereinstimmt.
32. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Photoempfangsanordnung (22) über einen Komparator (34) an den Zähler (30) angelegt ist, dessen die Triggerschwelle für die Empfangssignale definierender Referenzeingang (35) das für den Rauschpegel unmittelbar vor dem Signalempfang repräsentative Ausgangssignal eines Rauschpegelmessers (36) zugeführt ist, an dessen Eingang das Ausgangssignal der Photoempfangsanordnung (22) angelegt ist.
33. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Rauschpegelmesser (36) über die Photoempfangsanordnung (22) kontinuierlich die Grundhelligkeit erfaßt und über eine vorbestimmte Zeit, die groß gegenüber der Dauer eines Lichtimpulses (12, 12') und klein gegenüber der Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Sendelichtimpulsen (12) ist, gemittelt wird und daß dieser Mittelwert als mittlerer Rauschpegel verwendet wird.
34. Vorrichtung nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittelwertbildungszeit etwa 30% des zeitlichen Abstandes zweier benachbarter Sendelichtimpulse (12) beträgt.
35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 32 bis 34, dadurch gekennzeichnet, daß die durch das Ausgangssignal des Rauschpegelmessers (36) festge-

legte Triggerschwelle (79) um ein Vielfaches, vorzugsweise das 2- bis 10fache, insbesondere das 4-bis 8fache und besonders bevorzugt etwa das 7fache größer als der festgestellte mittlere Rauschpegel ist.

36. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an den Ausgang der Photoempfangsanordnung (22) auch ein Spitzenwertdetektor (37) angelegt ist, dessen Ausgangssignal zur Generierung von Korrekturwerten zur Kompensation der infolge Signaldynamik auftretenden Zeitmeßfehler verwendet wird.

37. Vorrichtung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Spitzenwertdetektor (37) das jeweilige Maximum eines Empfangs-Lichtimpulses (12') erfaßt und ein entsprechendes Maximumsignal an den Computer (38) abgibt, daß im Computer (38) die in Abhängigkeit von der Höhe des Maximums (80, 81, 82) auftretenden Zeitmeßfehler (84, 85) abgespeichert sind und daß in Abhängigkeit vom festgestellten Maximum (80, 81, 82) ein entsprechender Korrekturwert ermittelt und die gemessene Zeit entsprechend diesem Korrekturwert korrigiert wird.

38. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb des Abtastwinkelbereiches (54) ein lichtreflektierender oder -streuender Testkörper (86) im Weg des die Abtastbewegung ausführenden Sende-Impulslichtbündels (21) angeordnet ist und der Computer (38) während des Überstreichens des Testkörpers (86) durch das Sende-Impulslichtbündel (21) überprüft, ob das von der Photoempfangsanordnung (22) empfangene Signal wenigstens gleich einem vorbestimmten Grenzwert (K1) ist.

39. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb des Abtastwinkelbereiches (54) eine Leuchtdiode (88) im Weg des die Abtastbewegung ausführenden Sende-Impulslichtbündels (21) angeordnet ist und der Computer (38) während des Überstreichens der Leuchtdiode (88) durch einen dem Empfangs-Lichtimpulsbündel (20) entsprechenden Bereich des Drehspiegels (16) überprüft, ob das Signal/Rausch-Verhältnis wenigstens gleich einem vorbestimmten Grenzwert (K2) ist.

40. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Frontscheibe (41) um die Drehachse (17) gekrümmt ausgebildet ist und sich in Abtastrichtung zumindest über den Abtastwinkelbereich (54) erstreckt.

41. Vorrichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, daß die Frontscheibe (41) an einer Vielzahl von Stellen entlang ihres Umfangs von Lichtstrahlen (98) durchquert wird, die von im Bereich ihrer einen Stirnseite (89) angeordneten Lichtsendern (91) ausgehen und von im Bereich ihrer anderen Stirnseite (90) angeordneten Lichtempfängern (92) empfangen werden.

42. Vorrichtung nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtsender (91) zur nacheinander erfolgenden Ansteuerung mit Impulsen und die Lichtempfänger (92) zur entsprechenden Auswertung der empfangenen Impulse über Multiplexer (93 bzw. 94) an den Computer (38) angeschlossen sind, welcher, wenn wenigstens ein Empfangssignal unter einen vorbestimmten Minimalwert abgefallen ist, ein Verschmutzungssignal abgibt.

43. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Frontscheibe von oben nach unten in Richtung auf den Drehspiegel (16) zu schräg verläuft und vorzugsweise an ihrem unteren Ende um einen deutlichen Winkel, der bei etwa 90° liegen kann, in der entgegengesetzten Richtung abgewinkelt ist, um einen doppelten Durchtritt des Lichtschrankenstrahls (98) durch die Frontscheibe (41) herbeizuführen, und zwar zunächst vom Inneren des Gehäuses (115) in den Außenraum und dann von dort wieder in das Innere des Gehäuses (115).

44. Vorrichtung nach Anspruch 43, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Bereich (41') der Frontscheibe (41), der sich vorzugsweise nahe einem Lichtsender (91) und fern vom zugeordneten Lichtempfänger (92) befindet, auf seiner äußeren Fläche mattiert ausgebildet ist, derart, daß bei unverschmutztem Bereich (41') der zugeordneten Lichtempfänger (92) eine durch Lichtstreuung abgeschwächte Lichtmenge erhält und bei Vorhandensein eines Flüssigkeits-, insbesondere Ölfilms (128) auf dem Bereich (41') der zugeordnete Lichtempfänger (92) eine erhöhte Lichtmenge erhält, und daß ein Verschmutzungssignal abgegeben wird, wenn der Lichtempfang am zugeordneten Lichtempfänger (92) einen vorbestimmten Wert überschreitet.

45. Vorrichtung nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, daß an der Frontscheibe (41) über den Umfang verteilt zwei mattierte Bereiche (41') und diesen zugeordnete Lichtsender (91) und Lichtempfänger (92) vorhanden sind.

46. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 45, dadurch gekennzeichnet, daß an den Computer (38) ein Interface (39) angeschlossen ist, an dessen Ausgang die erwünschten Ausgangssignale und -werte einschließlich Fehlersignalen abgenommen und der weiteren Nutzung zugeführt werden können.

47. Laserabstandermittlungsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie angewendet wird

— bei der Selbststeuerung von Fahrzeugen (120) zur Schaffung eines definierten Schutzbereiches (122) vor dem Fahrzeug (120);

— durch Anordnung an der Frontseite eines Fahrzeuges (120) zum Kollisionsschutz mit Hindernissen (123) durch Definition eines entsprechenden Schutzbereiches (122');

— durch Anordnung an der Frontseite eines Fahrzeuges (120) zur Schaffung eines Kollisionsschutzbereiches (122''), der in mehrere Sektoren (S1 bis S16) des Abtastwinkelbereiches (54) aufgeteilt ist, von denen jeder einen eigenen und wohldefinierten Sicherheitsabstand definiert;

— durch Anordnung an der Frontseite eines Fahrzeuges (120) zwecks Definition eines Erfassungsbereichs (124), aufgrund dessen ein im Fahrzeug angeordnetes Navigationsgerät (125) hinsichtlich seiner einwandfreien Arbeitsweise überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden kann;

— beim Schutz von Personen (104) an gefährlichen Arbeitsmaschinen (126) durch Definition eines entfernungsbegrenzten Schutzbereiches (127), wobei die gefährliche Arbeitsmaschine

(126) sich zweckmäßigerweise im von der erfindungsgemäßen Vorrichtung (121) abgewandten Endbereich des Schutzbereiches (127) oder unter der Maschine befindet.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig. 1

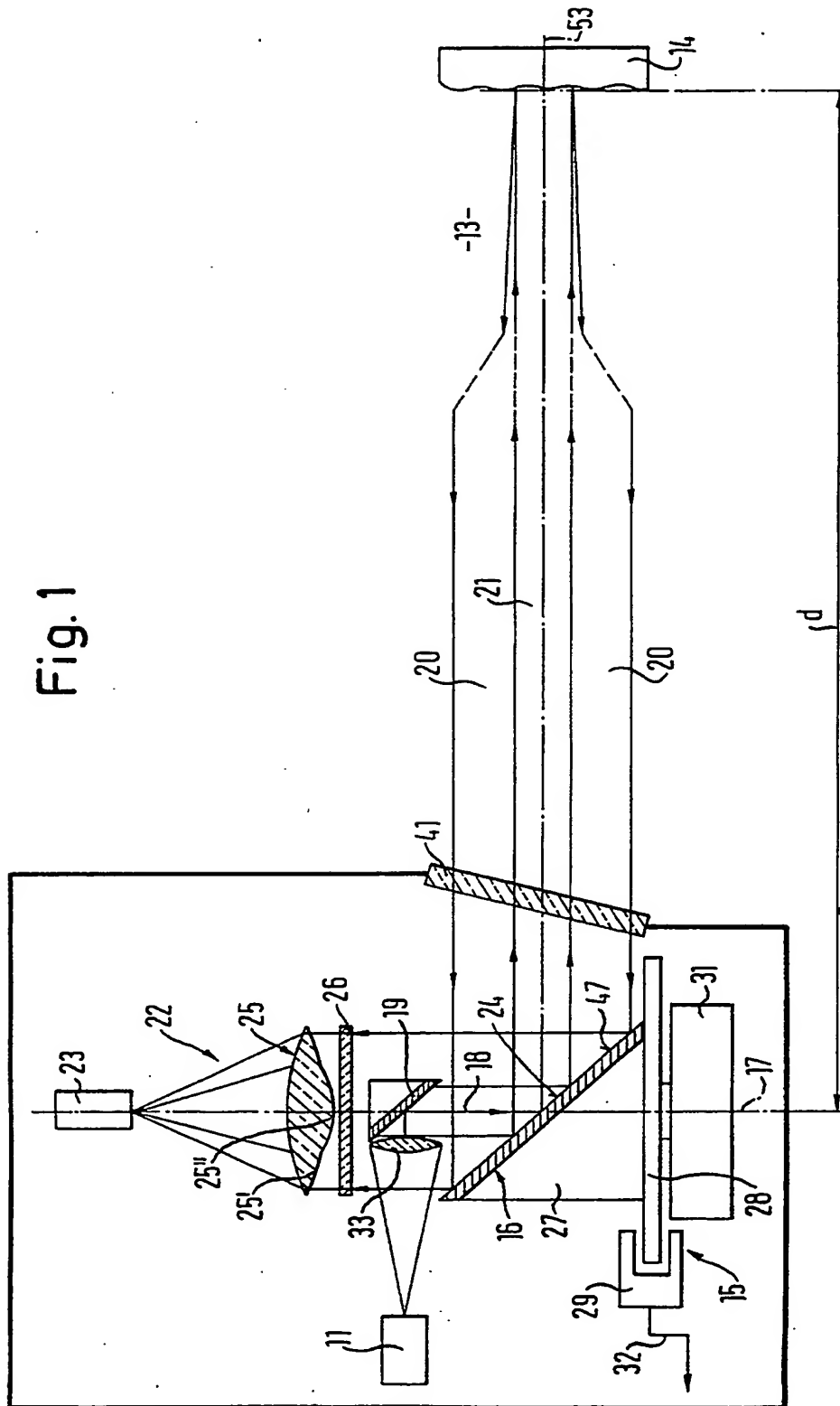


Fig. 4

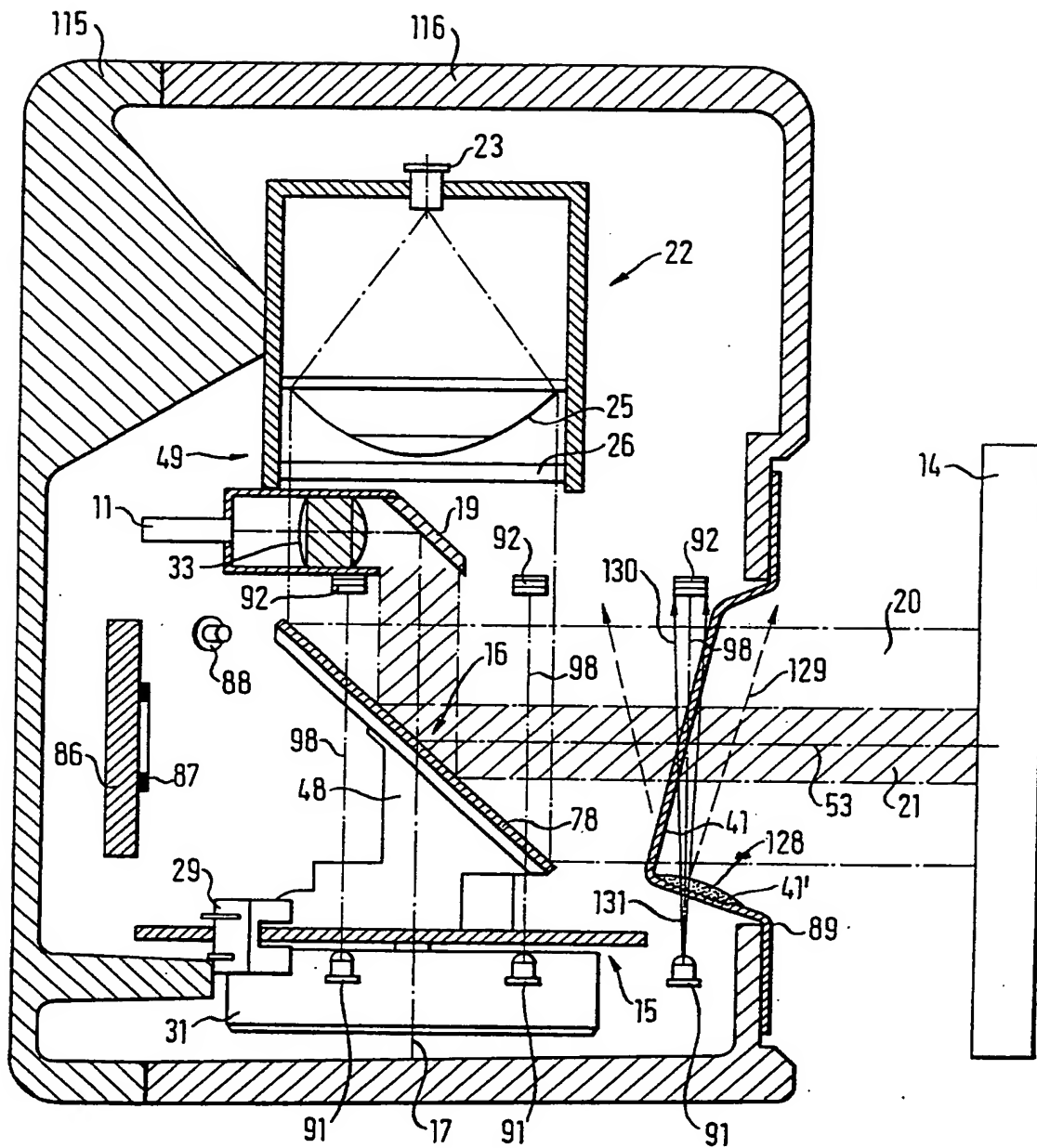


Fig. 5

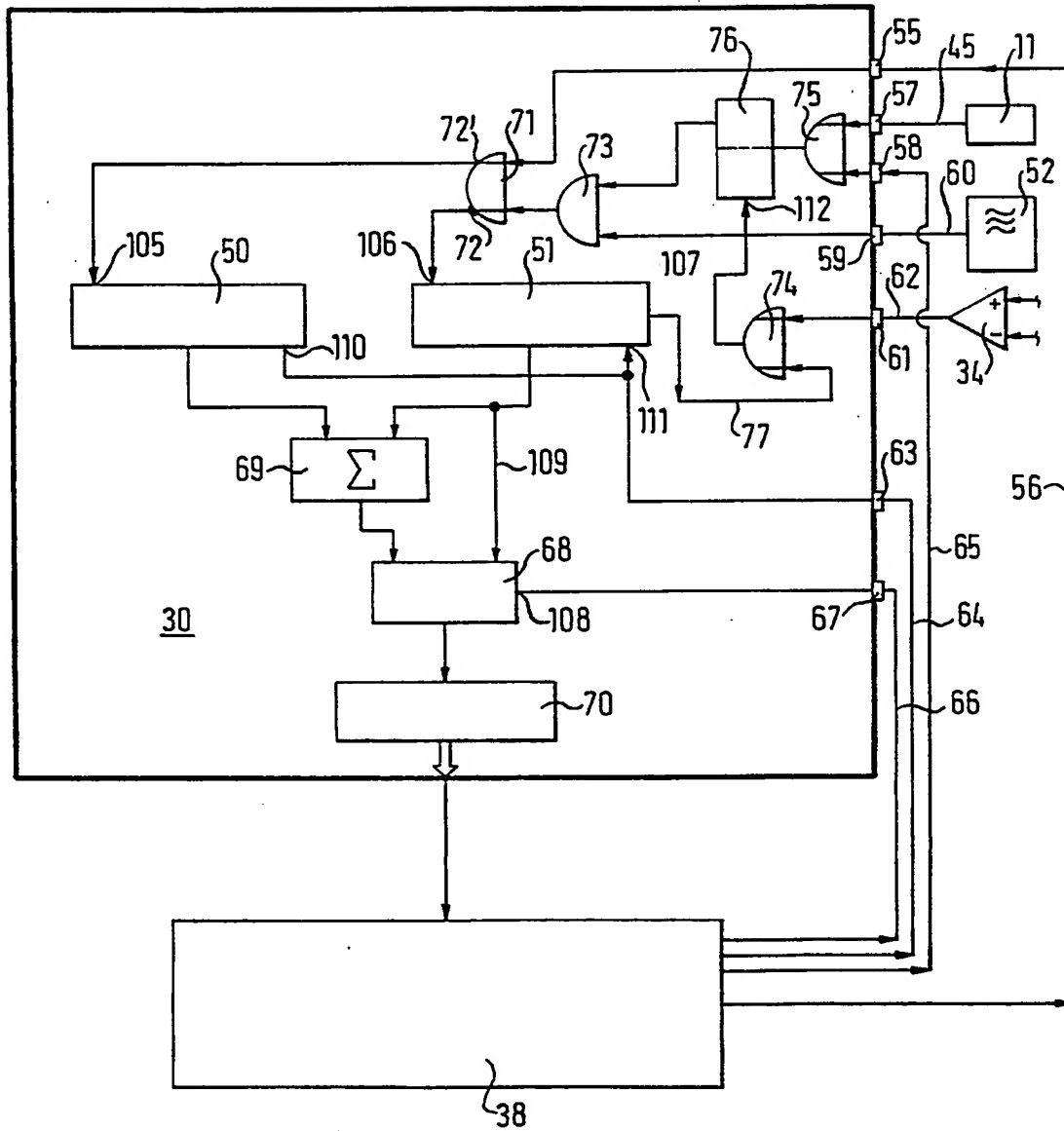


Fig. 6

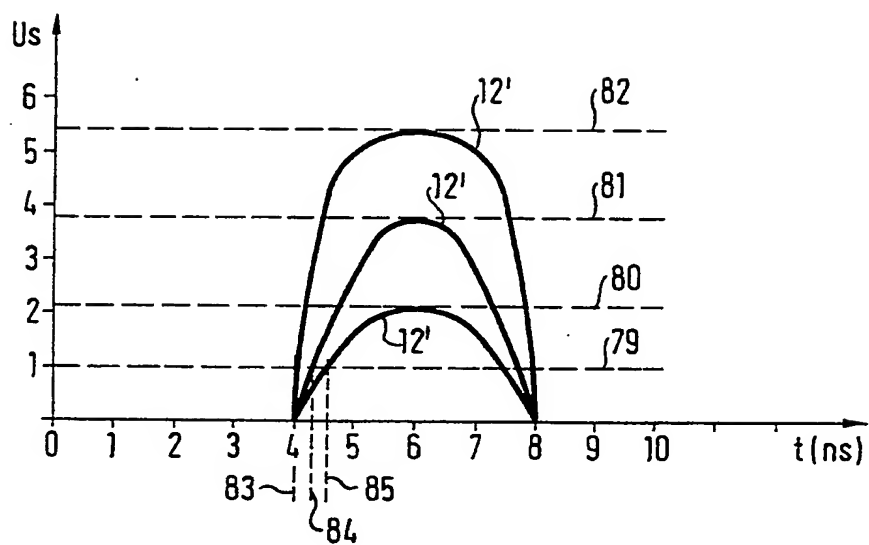


Fig. 7

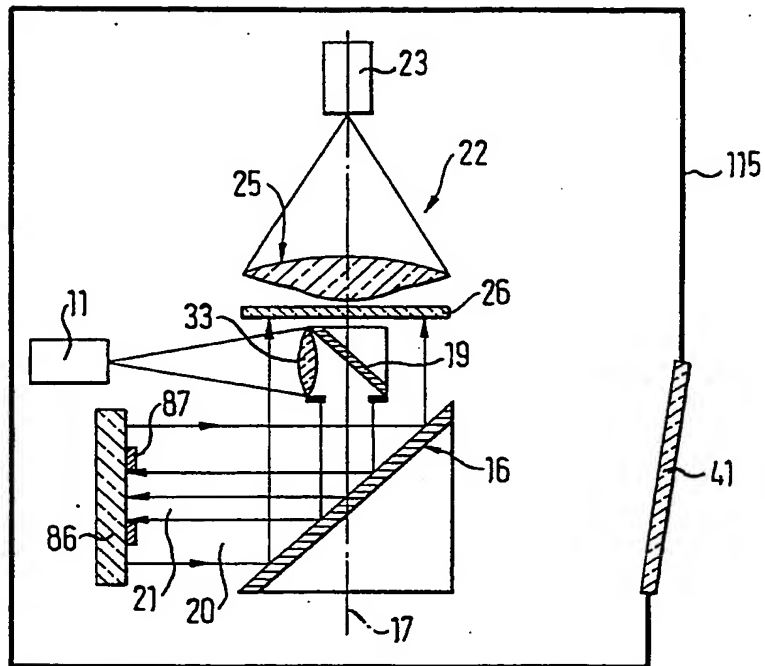


Fig. 8

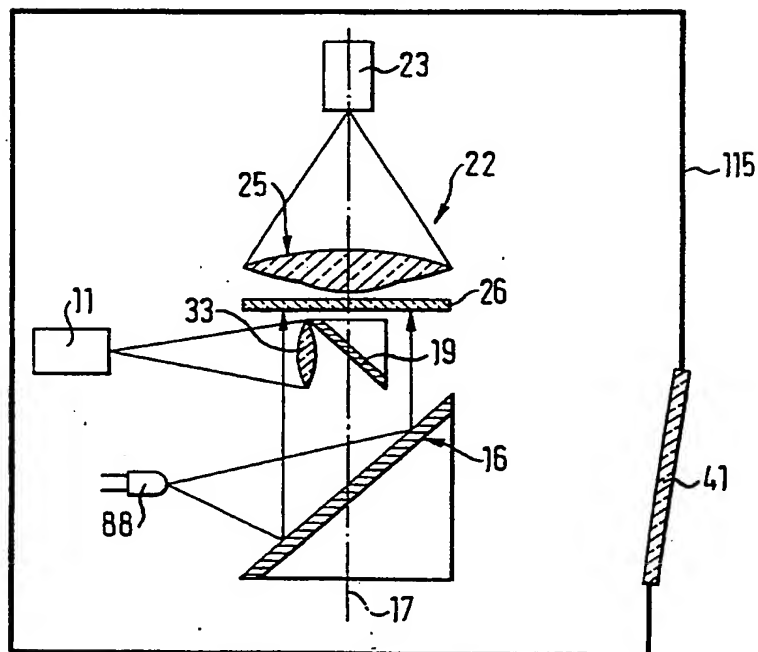


Fig. 10

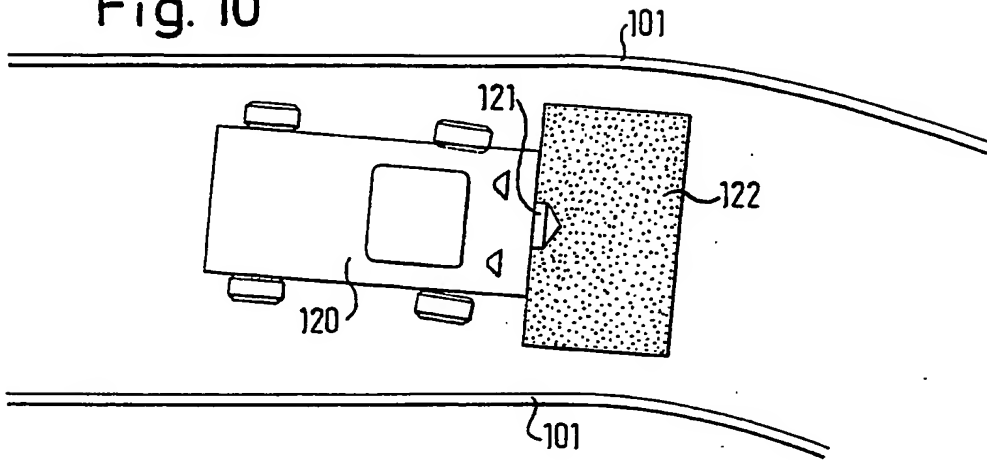


Fig. 11

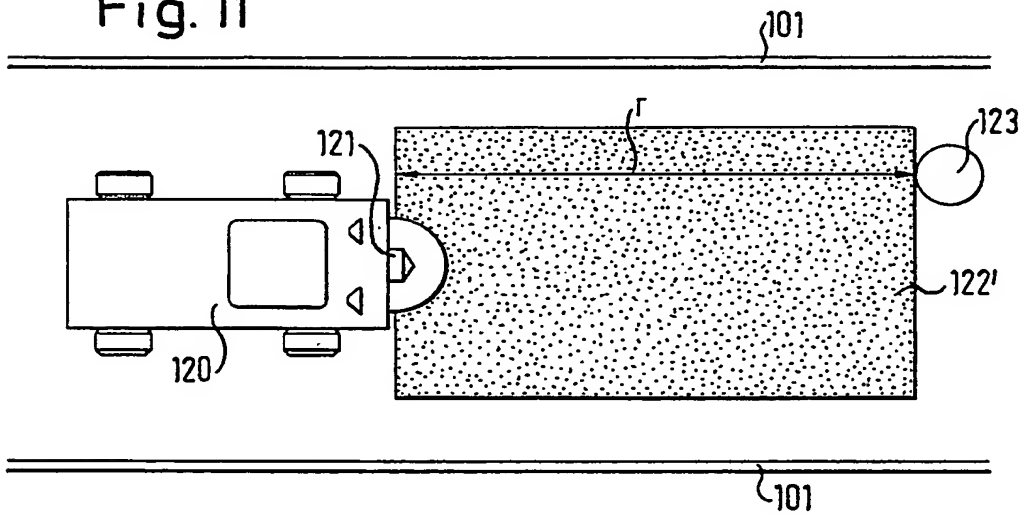


Fig. 12

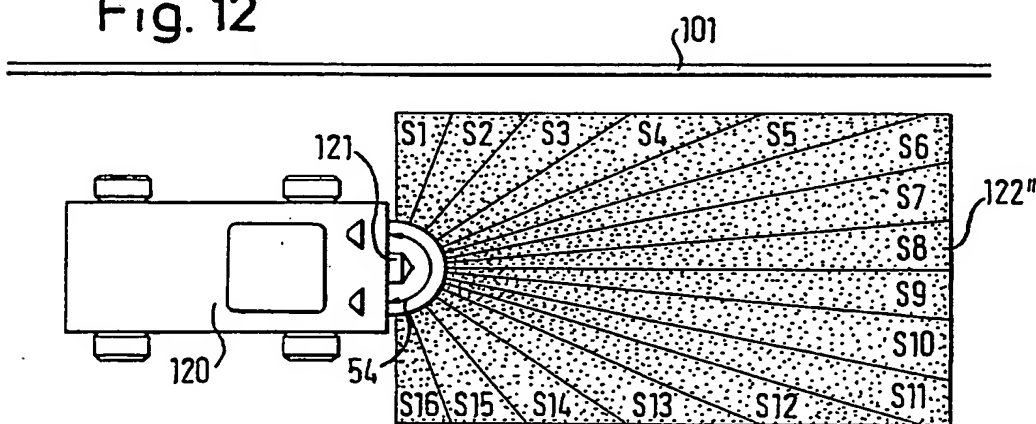


Fig. 13

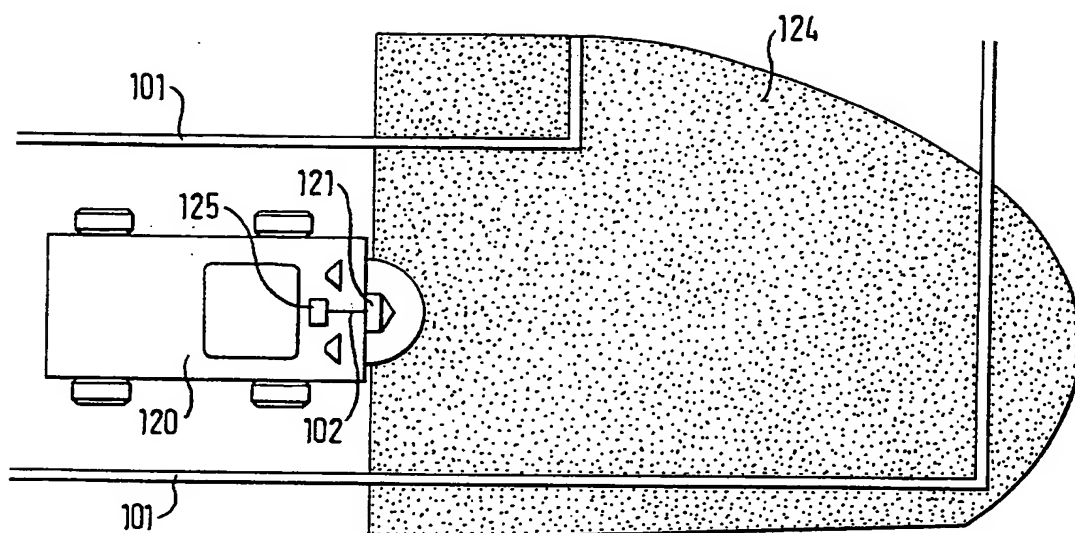


Fig. 14

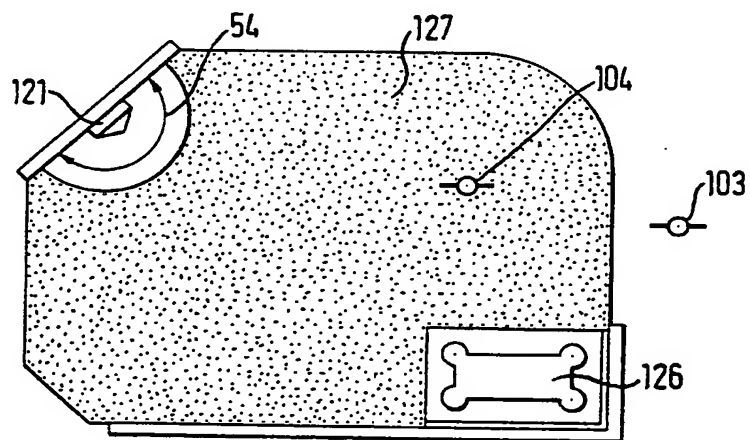


Fig. 9

